

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-119197

(43) 公開日 平成8年(1996)5月14日

(51) Int. Cl. ⁶

B63H 25/04

識別記号

DE

F I

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-260638

(22) 出願日 平成6年(1994)10月25日

(71) 出願人 000232357

横河電子機器株式会社

神奈川県秦野市曾屋500番地

(72) 発明者 森本 隆

神奈川県秦野市曾屋500番地 横河電子機器株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

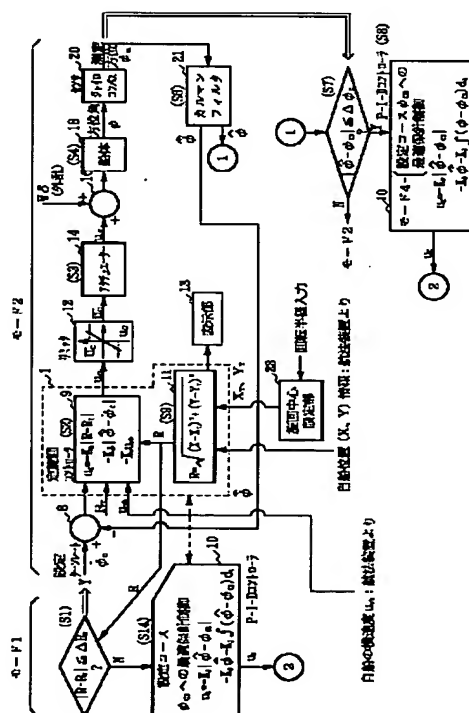
(54) 【発明の名称】 自動操舵装置

(57) 【要約】

【目的】 自動操舵装置において、滑らかで安定な自動変針を実現する。

【構成】 目標針路とともに入力された回転半径に応じて旋回中心を平面座標軸上に演算設定する。その旋回中心に対して自船軌跡が前記回転半径による円弧を描くように舵角を調節する。このとき、速度ベクトルから回転半径の最小値を演算し表示してもよい。

【効果】 自動変針軌道を正確に予測することができ、自動変針時の無駄な動きを低減させ消費燃料の節約をはかることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力された目標針路 (ψ_{c2}) と現在の自船針路 (ψ_{c1}) との差分が零になるように舵角を調節する手段を備えた自動操舵装置において、前記目標針路 (ψ_{c2}) とともに回転半径 (R_1) および平面座標軸上の旋回中心 (X_1 , Y_1) を蓄積する手段と、自船位置からその旋回中心までの距離が前記回転半径に等しくなったときから自船針路が前記目標針路に達するまでその旋回中心に対して自船軌跡が前記回転半径による円弧を描くように舵角を調節する手段を備えたことを特徴とする自動操舵装置。

【請求項2】 前記蓄積する手段に蓄積された目標針路 (ψ_{c2})、回転半径 (R_1) および旋回中心 (X_1 , Y_1) を変更する割込制御手段を備えた請求項1記載の自動操舵装置。

【請求項3】 船体重心系の速度ベクトル値を制御パラメタとして取込み前記舵角を演算する手段を含む請求項1または2記載の自動操舵装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は船舶の自動操舵に利用する。本発明は掃海艇に利用するに適する。特に、旋回中または旋回後の針路安定化技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来例を図5を参照して説明する。図5は従来例の自動操舵装置のブロック構成図である。図5に示すように、従来例の自動操舵装置は、目標針路 (ψ_{c1}) をマニュアルで設定して、現在の自船針路 (ψ_{c1}) との方位偏差 ($\psi_{c2} - \psi_{c1} = \delta\psi$) が0になるようにP (比例) - I (積分) - D (微分) コントローラ10で船を自動操舵する。このとき、当初の方位偏差 ($\delta\psi$) が大きいときは、指令舵角 u_c は大きな値が出力されるためリミッタ12が設けてあり、ある規定値以上の値については、実際の船の操舵に規定以上の負荷がかからないようにしてある。

【0003】 リミッタ12の出力〔外1〕がアクチュエータ14に伝わり実舵角 $u \delta$ が出力され外乱要素 $w \delta$ と加え合わされた後、船体18の舵に伝えられる。船の運動は、ジャイロコンパス20により方位角 ψ として測定される。

【0004】

【外1】

$$\overline{u_c}$$

この ψ と、この微分値〔外2〕がP-I-Dコントローラ10へのフィードバック信号となる。

【0005】

【外2】

$$\dot{\psi}$$

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来例の問題点を図6を参照して説明する。図6は従来例の変針の状況および変針後の方位偏差の振動の状況を示す図である。図6

(a) に示すように、従来例の自動操舵装置では、大きな方位偏差の目標針路を設定するとリミッタ12の限界値にしたがって旋回を行う。変針後は、図6(b) に示すように、定常偏差およびオーバーシュートが発生し滑らかな自動変針を実現することができない。

【0007】 このことは、浮遊する障害物その他の回避すべき海域が存在するとき、当初に予測した旋回軌道と異なる軌道を実際には通過する可能性があり、安全変針を実現できないという点で大きな問題がある。そのため、このような海域での変針には、自動操舵装置に頼らずに操舵手の負担による変針を行う必要が生じ、操舵手への負担が大きくなる。

【0008】 本発明は、このような背景に行われたものであり、滑らかで安定な自動変針を実現することができる自動操舵装置を提供することを目的とする。本発明は、自動変針軌道を正確に予測することができる自動操舵装置を提供することを目的とする。本発明は、自動変針時の無駄な動きを低減させ消費燃料の節約をはかることができる自動操舵装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、入力された目標針路 (ψ_{c2}) と現在の自船針路 (ψ_{c1}) との差分が零になるように舵角を調節する手段を備えた自動操舵装置である。

【0010】 ここで、本発明の特徴とするところは、前記目標針路 (ψ_{c2}) とともに回転半径 (R_1) および平面座標軸上の旋回中心 (X_1 , Y_1) を蓄積する手段と、自船位置からその旋回中心までの距離が前記回転半径に等しくなったときから自船針路が前記目標針路に達するまでその旋回中心に対して自船軌跡が前記回転半径による円弧を描くように舵角を調節する手段を備えるところにある。

【0011】 前記蓄積する手段に蓄積された目標針路 (ψ_{c2})、回転半径 (R_1) および旋回中心 (X_1 , Y_1) を変更する割込制御手段を備えることが望ましい。

【0012】 船体重心系の速度ベクトル値を制御パラメタとして取込み前記舵角を演算する手段を含むことが望ましい。

【0013】

【作用】 目標針路 (ψ_{c2}) とともに回転半径 (R_1) および旋回中心を平面座標軸上にあらかじめ蓄積情報として設定する。その旋回中心に対して自船軌跡が前記回転半径 (R_1) による円弧を描くように舵角を調節する。

【0014】 船体重心系の速度ベクトル値を制御パラメタとして取込み前記舵角を演算するようにしてもよい。例えば、針路を横切る方向からの海流があるとき、船体は海流の影響を受けて横流れする。この横流れによる位

置のずれを補う操舵を行うため、船首方位と針路とは必ずしも一致しない。このような場合には、船首方位ではなく、船体重心系の速度ベクトル値を制御パラメタとして取込み舵角を演算するようにすることがよい。

【 0 0 1 5 】

【実施例】本発明実施例の構成を図 1 を参照して説明する。図 1 は本発明実施例装置のブロック構成図である。

【 0 0 1 6 】本発明は、入力された目標針路 (ψ_c) と現在の自船針路 (ψ_i) との差分が零になるように舵角を調節する手段としてのコントローラ 1 を備えた自動操舵装置である。

【 0 0 1 7 】ここで、本発明の特徴とするところは、前記目標針路 (ψ_c) とともに回転半径 (R_r) および平面座標軸上の旋回中心 (X_r , Y_r) を蓄積する手段としての旋回中心設定部 2 3 と、自船位置からその旋回中心までの距離が前記回転半径に等しくなったときから自船針路が前記目標針路に達するまでその旋回中心に対して自船軌跡が前記回転半径による円弧を描くように舵角を調節する手段としての定旋回コントローラ 9 を備えるところにある。

【 0 0 1 8 】旋回中心設定部 2 3 に蓄積された目標針路 (ψ_c)、回転半径 (R_r) および旋回中心 (X_r , Y_r) は、現場の天候、障害物の有無その他の要因に応じてあらかじめ蓄積された値の他に新たな値を割込み設定

$$u_c = -K_R |R - R_r| - K_\phi (\phi - \phi_c) - K_v u_{yb} \quad \dots (1)$$

のように計算する (S 2)。(1) 式で第一項目 $|R - R_r|$ は旋回半径と指令旋回半径との差の絶対値であり $-K_R |R - R_r|$ は $R = R_r$ にするためのフィードバック項で K_R はフィードバックゲインである。

【 0 0 2 3 】

【外 3】

$$\dot{\phi}_c$$

【外 4】は自船のターンレートのカルマンフィルタ 2 1 の出力の推定値であり、

【 0 0 2 4 】

【数 2】

$$-K_\phi |\dot{\phi} - \dot{\phi}_c|$$

は

【 0 0 2 5 】

$$R = \sqrt{(X - X_r)^2 + (Y - Y_r)^2} \quad \dots (2)$$

であり、 X 、 Y 、 u_{xb} 、 u_{yb} 、【外 6】は次式に従う。

【 0 0 2 8 】

【外 6】

$$\dot{\phi}$$

することができる。また、回転半径 R_r を表示する手段としての表示部 1 3 を備えている。

【 0 0 1 9 】次に、本発明実施例の動作を図 2 ないし図 4 を参照して説明する。図 2 は本発明実施例の動作を示すフローチャートである。図 3 は本発明実施例における保針制御を行っているときの自動操舵装置のブロック構成図である。図 4 は本発明実施例の変針の状況および変針後の方位偏差の振動の状況を示す図である。滑らかな自動変針を実現するため本発明実施例の自動変針は四つのモードから構成されている。

【 0 0 2 0 】モード 1 は、いきなり定速度 (定角速度)、定半径旋回に入らないように設けられたもので、旋回中心位置 (X_r , Y_r) から自船位置 (X , Y) までのレンジと所望の旋回半径 R_r との差の絶対値をモニタし、これがある値 ΔR_c と等しいか、小さくなったら自動旋回に入るようにしたものである (S 1)。

【 0 0 2 1 】モード 2 は、自船が許容レンジ ($|R - R_r| \leq R_i$) 内に入り、定半径、定速度旋回を実行するものである (S 2 ~ S 6)。モード 2 の定旋回コントローラ 9 では設定ターンレート【外 3】、指令旋回半径 R_r 、自船の船体ピッチ軸方向速度 (横流速度) u_{yb} 等の情報を受けて指令舵角 u_c を

【 0 0 2 2 】

【数 1】

【数 3】

$$\dot{\phi} - \dot{\phi}_c$$

にするためのフィードバック項で【外 5】はフィードバックゲインである。 $-K_v u_{yb}$ は $u_{yb} = 0$ にするためのフィードバック項で K_v はフィードバックゲインである。

【 0 0 2 6 】

【外 4】

$$\hat{\phi}$$

【 0 0 2 7 】

【外 5】

$$K_\phi \dot{\phi}$$

ここで R は、

【 0 0 2 9 】

【数 4】

$$m (\dot{u}_{xb} - u_{yb} \dot{\phi}) = T_{xb} \quad \dots (3)$$

$$m (\dot{u}_{yb} + u_{xb} \dot{\phi}) = T_{yb} \quad \dots (4)$$

$$\ddot{\phi} + a \dot{\phi} = bu \delta + bw \delta \quad \dots (5)$$

$$\begin{pmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{pmatrix} = C_{ib} \begin{pmatrix} u_{xb} \\ u_{yb} \\ u_{zb} \end{pmatrix} \quad \dots (6)$$

$$X = X_0 + \int_0^t u_x dt \quad \dots (7)$$

$$Y = Y_0 + \int_0^t u_y dt \quad \dots (8)$$

ここで、 C_{ib} は、
【0030】

【数5】

$$C_{ib} = \begin{pmatrix} \cos \phi \cos \theta - \sin \phi \cos \theta + \cos \phi \sin \theta \sin \phi & \sin \phi \sin \phi + \cos \phi \sin \theta \cos \phi \\ \sin \phi \cos \theta & \cos \phi \cos \phi + \sin \phi \sin \theta \sin \phi - \cos \phi \sin \phi + \sin \phi \sin \theta \cos \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta \cos \phi & \cos \theta \cos \phi \end{pmatrix} \quad \dots (9)$$

により示す。 ϕ 、 θ 、 ψ はそれぞれ船体のロール角、ピッチ角、ヨー角である。以上により、 (x_b, y_b) は船体重心座標系であり、 u を船体速度ベクトルとして (u_{xb}, u_{yb}) は船体座標系での速度（ログ出力）である。 X 、 Y は航法装置の航法座標系である。 X_0 、 Y_0 は初期位置である。【外6】はジャイロ出力である。図4に示す横流れ角 α は、

$$\alpha = \tan^{-1} (u_{xb} / u_{yb})$$

である。指令舵角 u_c の上限値はリミッタ上限値、下限値【外7】と【外8】とで規定される。リミッタ出力

【外1】はアクチュエータに伝わり（S3）、実舵角 u_δ として出力される。これが外乱 w_δ とともに船体に伝わり（S4）、船体運動はジャイロコンパス20によって ψ_c として検出され（S5）、カルマンフィルタ21の入力となる（S6）。このカルマンフィルタ21は【外9】（方位角推定値）と【外4】（ターンレート推定値）を出力する。モード2の主機能は、定半径旋回、定速度（ターンレート一定）旋回であり（1）式で表わ

【0031】

【外7】

\bar{u}_{ca}

【0032】

【外8】

$$u_c = -K_p (\hat{\phi} - \phi_c) - K_D \dot{\hat{\phi}} - K_I \int (\hat{\phi} - \phi_c) dt \quad \dots (10)$$

で示す最適制御ゲイン K_p （比例）、 K_D （微分）、 K_I は、

（積分）により構成される。この K_p 、 K_D 、 K_I 50 【0038】

【0033】

【外9】

$\hat{\phi}$

このモード2が終了したか否かは、

【0034】

【数6】

$$|\hat{\phi} - \phi_{ca}| \leq \Delta \phi_c$$

となつて、方位角指定値と変針後の設定方位 ψ_{ca} との差の絶対値が許容範囲 $\Delta \psi_c$ 以内にあればモード2は終了となりモード4に入る。もし、

【0035】

【数7】

$$|\hat{\phi} - \phi_{ca}| > \Delta \phi_c$$

となつて、 $\Delta \psi_c$ より大きければモード2に戻る（S7）。この判断機能がモード3である。

【0036】モード4は、モード2に入る前のP-I-D制御コントローラと同じであり（S10～S14）、

【0037】

【数8】

【数 9】

$$J = \int_0^{\infty} (X^T Q X + u_c^2 r) dt \quad \dots (11)$$

で表す評価関数を最小にするように決定される最適ゲインである。ここで、 X は、

$$X = \begin{pmatrix} \dot{\phi} \\ \phi \\ (\phi - \phi_c) \end{pmatrix} \quad \dots (12)$$

の行列である。図 3 に保針制御図を示す。図 3 は本発明実施例の保針制御を行うブロック構成図である。従来例の図 5 で示した自動操舵装置とほぼ同じ構成である。微分にカルマンフィルタ 21 を備えている。

【0040】また、 θ 、 r は適当な重み行列と重み定数であり、 K_0 、 K_1 、 K_2 は最適制御でよく知られている最適レギュレータの解で与えられる。本発明実施例装置で実行される変針時の方位偏差は、図 4 (a) に示すように非常に滑らかで、図 4 (b) に示すように、従来例 (図 6) のようなオーバーシュートは発生しない。したがって、操舵において好ましくないあて舵をとることもない。

【0041】また、目標旋回中心までの距離計算を本発明のように自動操舵装置の中で計算せずに、航法計算部で計算しておき、ここから情報としてもらっても同様な効果が得られる。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、滑らかで安定な自動変針を実現することができる。変針コースを正確に予測することができる。自動変針時の無駄な動きを低減させ消費燃料の節約をはかることができる。

【0043】特に、定半径、定速度旋回の自動化により掃海艇のような目的の艦艇において、効果的な掃海業務

【0039】

【数 10】

を遂行することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明実施例装置のブロック構成図。

【図 2】本発明実施例の動作を示すフローチャート。

【図 3】本発明実施例における保針制御を行っているときの自動操舵装置のブロック構成図。

【図 4】本発明実施例の変針の状況および変針後の方位偏差の振動の状況を示す図。

【図 5】従来例の自動操舵装置のブロック構成図。

【図 6】従来例の変針の状況および変針後の方位偏差の振動の状況を示す図。

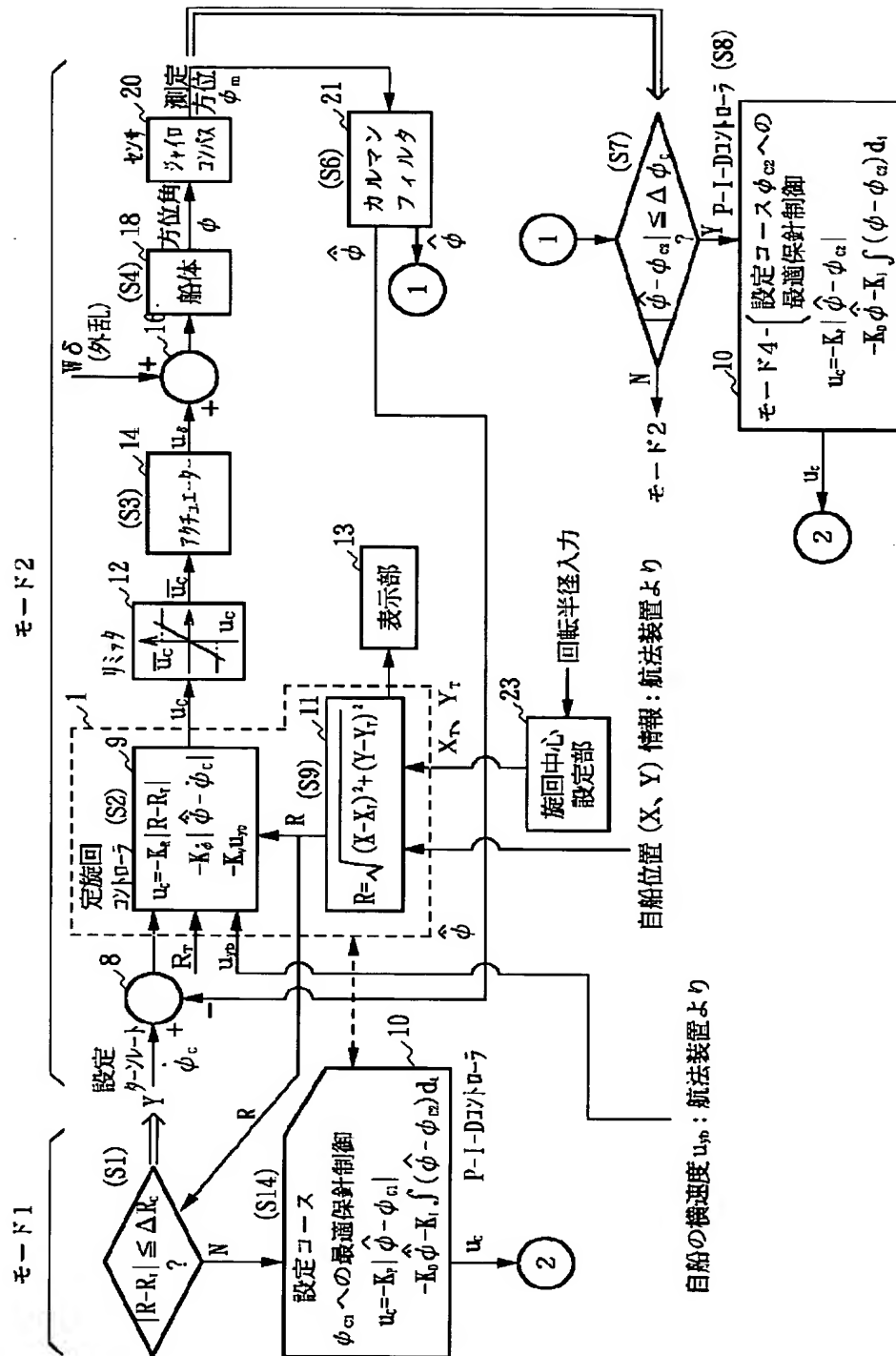
【符号の説明】

- 1 コントローラ
- 8、16 加算器
- 10 P-I-D コントローラ
- 11 回転半径演算部
- 12 リミッタ
- 13 表示部
- 14 アクチュエータ
- 18 船体
- 20 ジャイロコンパス
- 21 カルマンフィルタ
- 23 旋回中心設定部

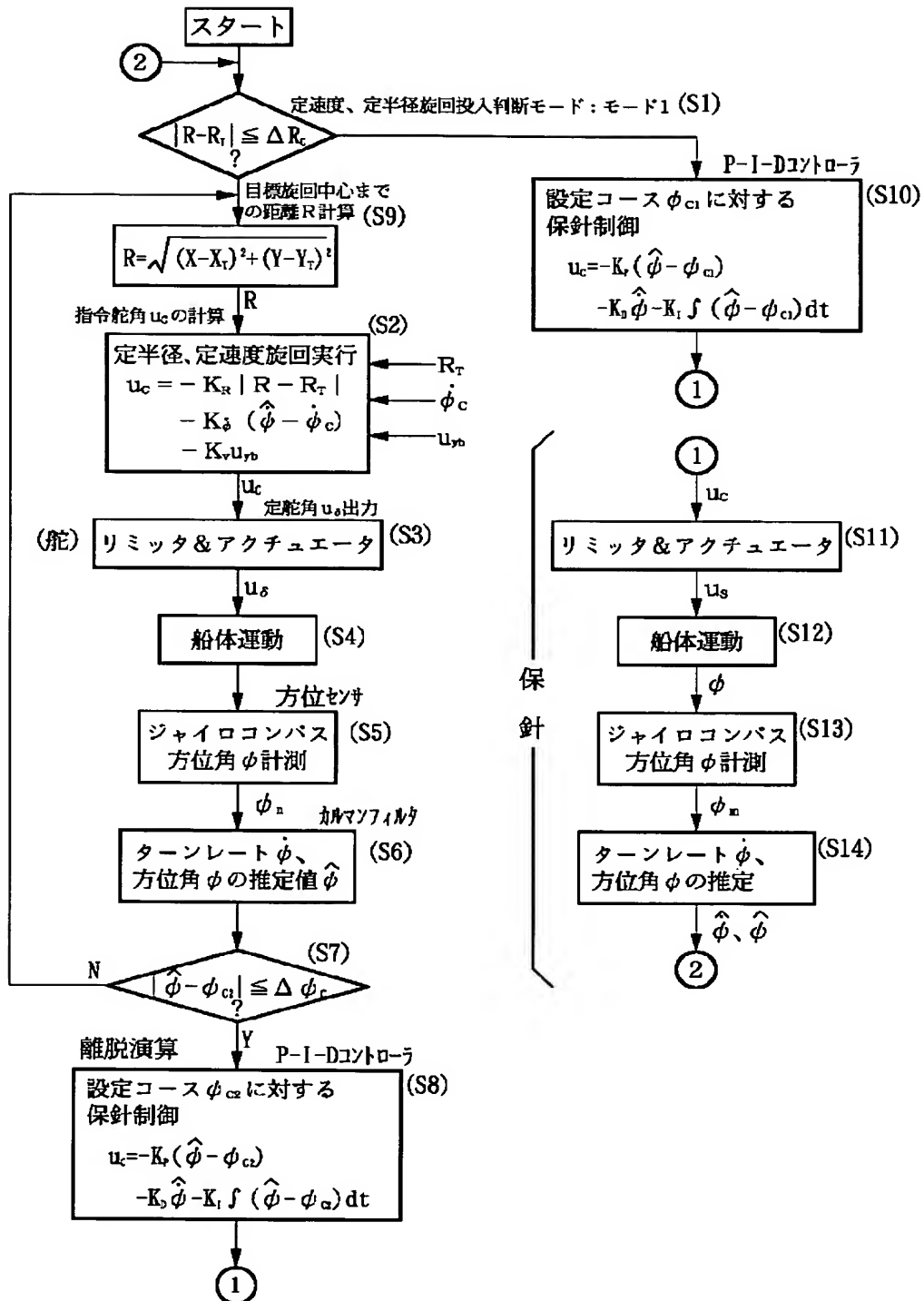
20

30

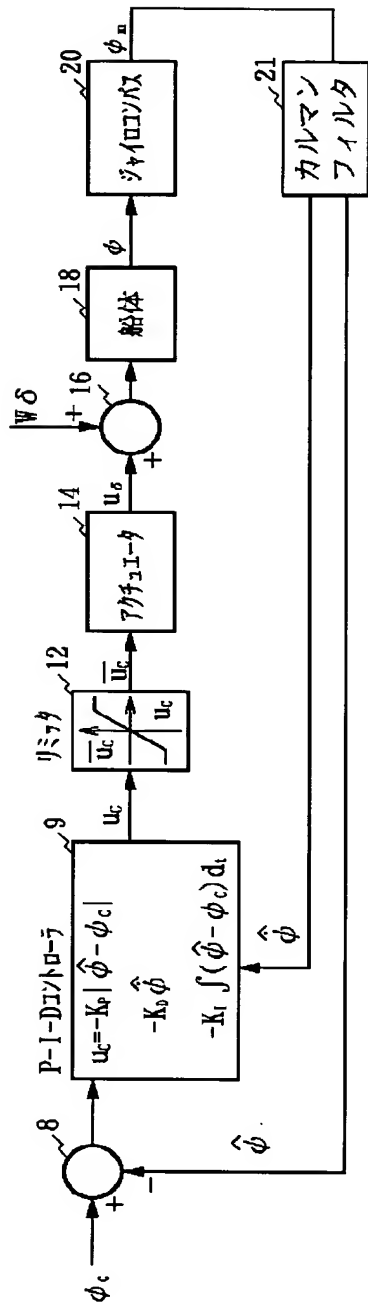
【図1】



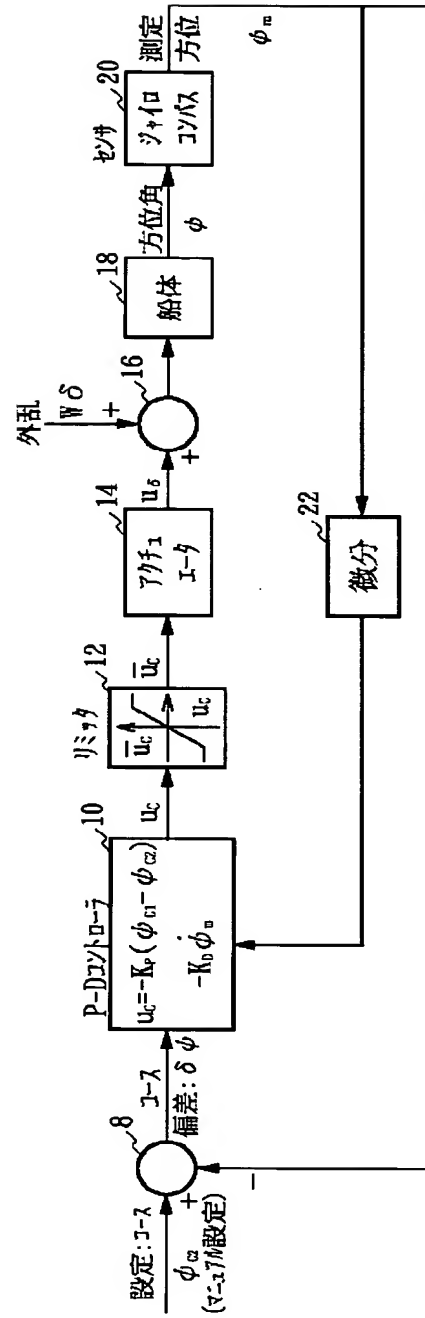
【図 2】



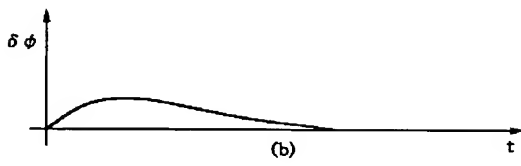
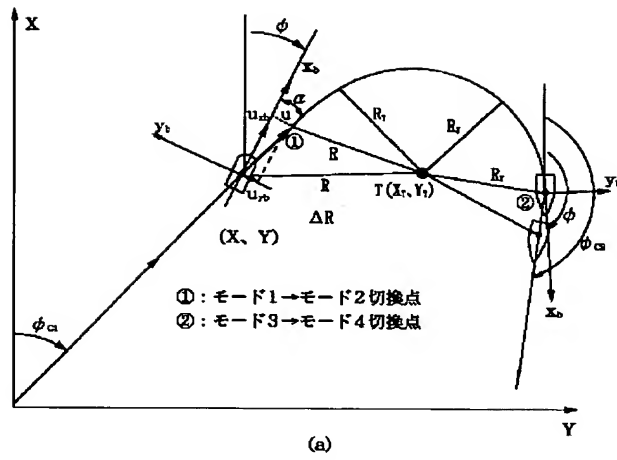
【図 3】



【図 5】



【図 4】



【図 6】

